



中移智库



中国移动 研究院
China Mobile CMRI

面向天地一体的卫星互联 网创新应用场景白皮书

(2024 年)

发布单位：中移智库

编制单位：中国移动通信研究院

前言

2020 年国家发展和改革委员会将卫星互联网纳入“新基建”范畴，确定了卫星互联网的战略地位。卫星互联网不仅是事关国家网络主权和数据安全的战略工程，也是融合 5G、面向 6G、赋能千行百业的新型基础设施。随着天地万物互联时代的到来，卫星互联网将迎来发展的新机遇。

为凝聚产业发展共识，进一步推动卫星互联网产业高质量发展，促进天地一体全方位融合，中国移动研究院发布本白皮书，旨在分析面向天地一体的卫星互联网的发展愿景与创新应用场景，并提出产业共同推进卫星互联网发展的相关建议，希望能够携手产业各方共筑天地一体共赢的“网络无所不达，算力无所不在，智力无所不及”美好新未来。

本白皮书由中国移动通信研究院牵头编制，联合编制单位（排名不分先后）：中国移动通信集团江苏有限公司、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司、深圳星移联信科技发展有限公司、银河航天（北京）网络技术有限公司、上海垣信卫星科技有限公司、浙江时空道宇科技有限公司等。

本白皮书的版权归中国移动所有，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本建议之部分或全部内容。

目 录

1. 全球卫星互联网产业迈向发展新阶段	3
1.1 卫星互联网成为下一代信息技术竞争新高地	3
1.2 卫星互联网产业发展环境持续向好	3
1.3 卫星互联网核心技术不断突破	4
1.4 卫星互联网用户需求逐步释放	5
2. 面向天地一体的卫星互联网发展愿景	6
2.1 卫星互联网发展愿景	6
2.2 天地一体无缝通信阶段	7
2.3 天地一体泛在连接阶段	8
2.4 天地一体泛在智能阶段	8
3. 创新场景将成为卫星互联网发展关键驱动力	10
3.1 天地一体无缝通信	10
3.1.1 公共安全与行业灾备应急通信	10
3.1.2 偏远地区、海陆空全域立体覆盖	11
3.2 天地一体泛在连接	13
3.2.1 移动终端直连卫星服务	13
3.2.2 无人作业	14
3.2.3 企业远程资产管理	15
3.2.4 农业精准作业	15
3.2.5 飞行汽车	16
3.3 天地一体泛在智能	16
3.3.1 时空数字内容服务	16
3.3.2 自然灾害仿真模拟	17
3.3.3 全域智慧监管	17
4. 推进面向天地一体的卫星互联网发展建议	20
4.1 推动天地一体化技术和标准体系研究，推进行业标准体制统一	20

4.2 加速低轨卫星基础设施建设与关键技术攻关	20
4.3 促进天地产业融合，引领卫星互联网产业加速成熟	21
5. 未来展望	22
缩略语列表	23
参考文献	24

1. 全球卫星互联网产业迈向发展新阶段

卫星互联网作为一套通过卫星实现全球联网的通信系统，通过卫星为地面、空中和海上的用户与设备提供网络接入服务。随着卫星互联网战略意义的日益凸显、国家持续利好政策出台、其核心技术的不断突破，用户对互联时间、互联空间需求的释放，卫星产业迎来快速增长，迈入与地面通信网络深度融合的新阶段。

1.1 卫星互联网成为下一代信息技术竞争新高地

发展卫星互联网对于国家网络主权和国家安全具有战略意义，成为各国在海洋、太空、军事等领域推动国家战略的重要手段。**卫星的轨道和频率已成为稀缺的战略资源，国际竞争愈发激烈。**国际电联（ITU）规定，近地卫星轨道和频率分配采取“先登先占”方式。通信卫星用的低轨频率、轨道容量有限，以欧美为代表的卫星互联网企业，已经申请数万颗卫星频轨资源，如美国商业航天公司 SpaceX 为星链（Starlink）申请并计划发射 4.2 万颗卫星，截至 2024 年 1 月已经完成超 5500 颗卫星的发射，占据了 500km-600km 高度的优势轨道资源。目前，传统卫星通信服务商 Viasat 等和新锐航天企业 SpaceX 以及谷歌等互联网巨头，均已争先布局卫星互联网赛道。同时，面向天地一体化融合通信发展需求，以中国移动为代表的全球各大通信运营商也开始布局天地融合通信的技术研发。

1.2 卫星互联网产业发展环境持续向好

各国积极出台利好政策，卫星互联网发展迎来新机遇。2023 年美国 FCC 通过太空的补充覆盖（SCS, Supplemental Coverage from Space）新规则的提案，用卫星来补充地面移动网络覆盖，为手机直连卫星提供政策支持。2022 年沙特阿拉伯通信和信息技术委员会（CITC）发布了全球首个非地面网络（NTN）监管框架，将 NTN 监管分为“空间电台”、“NTN 网络服务”、“NTN 电信服务”三个环节进行监管，并简化了提供卫星服务的许可程序。我国也高度重视卫星互联网产业的发展，国家及地方密集出台了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规

划》《“十四五”信息通信行业发展规划》《关于加快推进以卫星互联网为引领的空天信息产业高质量发展的意见》等几十项政策，加快部署卫星通信产业发展，促进“天地一体化”融合，并在 2020 年将卫星互联网纳入新基建范畴，确立卫星互联网的战略地位，推动卫星互联网产业进入了国资牵引、央企主导、国企民企协力共创的新纪元。

1.3 卫星互联网核心技术不断突破

从全球范围看，随着“卫星平台组件模块化、系列化”“低功耗大口径折展天线”“火箭发射一箭多星”与“可回收发射”等卫星制造与发射技术的不断成熟，卫星互联网的建设成本大幅下降，降低了卫星互联网的进入门槛和系统验证及建设成本。如 Starlink 已做到最高一箭 143 星，其单颗卫星的制造费用也从百万美元降至数十万美元，并实现大规模标准化量产。高通量卫星技术利用高频段、多点波束和频率复用等技术显著提升了卫星通信的能力，能提供传统卫星数十倍甚至上百倍的容量，从不到 10Gbit/s 提升到几十 Gbit/s 甚至上百 Gbit/s，平均速率已基本与 4G 持平¹，将为用户提供更丰富的应用场景和更完善的通信保障。手机直连卫星技术的快速发展也为卫星互联网发展打开新格局，极大促进了地面移动通信网络与卫星网络的融合。2023 年，中国移动联合合作伙伴完成了 5G IoT NTN 手机直连高轨卫星验证与 NR-NTN 手机直连低轨卫星实验室模拟验证，将加速推动卫星互联网走向大众消费的进程。

¹ Starlink 卫星通信星座全球测试的结果峰值速率能够达到 649Mbit/s，平均速率目标为 50-150Mbit/s。

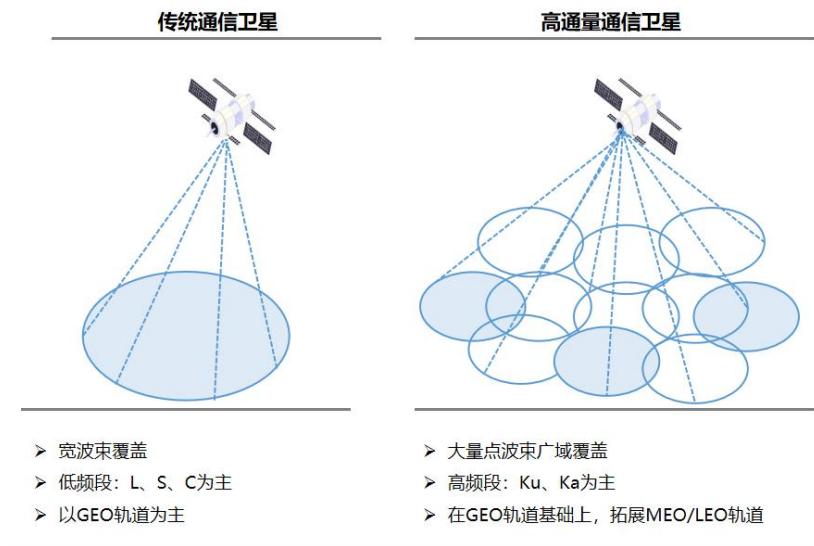


图 1-1 传统卫星与高通量卫星的对比²

1.4 卫星互联网用户需求逐步释放

随着万物互联新时代的到来，用户对通信的需求已从互联速度提升，逐步向互联时间缩短、互联空间扩大等领域全面拓展。现有的通信网络无法满足山区、沙漠、海洋和天空等人口稀少地区的覆盖需求，也无法进一步满足对时延敏感的金融交易等业务的需求。同时，虚拟现实、自动驾驶和物联网等新兴产业也对通信容量和延迟提出了新要求。为满足这些需求，天地一体化网络技术崭露头角，卫星互联网的需求端将迎来爆发增长。卫星互联网的目标用户包括全球每年约40亿人次的航空员工和旅客、3000万人次的航海员工和旅客、1.5亿-3亿左右的偏远地区富裕阶层、数亿人次的户外探险者等³。未来随着卫星性能的提升，将与地面通信网络协同，以更加普惠的方式为更多用户提供更丰富多元的网络服务。

² 资料来源：罗兰贝格

³ 数据来源：国际航空运输协会（IATA）、国际航运公会（ICS）、联合国、ITU、天风证券等。

2. 面向天地一体的卫星互联网发展愿景

天地网络深度融合趋势日益明显，卫星互联网的应用将不再局限于传统意义上的连接服务，而是逐步形成以卫星互联网为依托，赋能千行百业的天地一体生态体系。

2.1 卫星互联网发展愿景

伴随卫星互联网技术的不断演进与需求的进一步释放，未来卫星互联网将围绕着“1+N+X”的理念逐步蓬勃发展。其中，“1”即卫星互联网与地面网络深度融合形成的天地一体网络；“N”即拓展接入天地一体网络的N个行业终端与个人移动终端，促进卫星互联网与行业融合；“X”即汇聚多元数据、打通多维技术能力，延伸服务内容与生态边界，深化卫星互联网与各行各业的融合共建，赋能个人、行业、社会数智化发展，构筑协同一体的共建共荣卫星互联网生态。

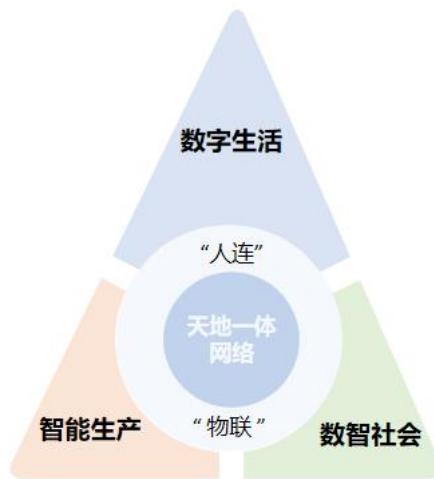


图 2-1 卫星互联网“1+N+X”理念

在“1+N+X”的理念下，本白皮书提出了卫星互联网的发展图谱，未来卫星互联网将沿着“天地一体无缝通信——天地一体泛在连接——天地一体泛在智能”三个阶段演进（如图 2-2 所示），不同阶段在通信服务、终端连接、服务内容等方面具有差异，总体呈现出递进式的交叠增长态势，衍生出的典型应用场景

将逐步泛在化、智能化。



图 2-2 卫星互联网发展图谱

在卫星互联网的发展过程中，三个阶段并非独立、线性增长，三者间整体呈现出交叉赋能态势。在发展初期，随着网络连续覆盖能力提升，天地一体无缝通信阶段会衍生出大量应用场景，呈现快速发展趋势；而伴随技术的持续深化，泛在连接与泛在智能阶段的应用场景也相继丰富，性能持续优化、效率逐步提升，加速应用繁荣。如从基础的远海通信，到能支撑远海无人作业场景，再进阶到海上全智慧管理平台的搭建，全面赋能海上作业卫星数智化转型。

2.2 天地一体无缝通信阶段

在天地一体无缝通信阶段，卫星互联网将融合地面网络为用户提供覆盖全球的无缝通信服务。通过天地一体融合网络，可有效满足公共安全与行业灾备的应急通信补充需求，并进一步构筑海陆空全方位的立体网络覆盖，为偏远地区、远洋、航空等提供高质量无缝通信。

在终端接入上，该阶段主要以专用型设备为主。通过接入卫星互联网专有终端设备，满足特殊行业、特定场景下的布网、补网需求。在个人消费级产品应用中，移动终端直连卫星应用尚处于起步阶段，虽有少部分大众消费的终端产品提供直连卫星能力，但受制于当前卫星载荷能力、终端制造成本高昂、用户体验欠

佳等影响，功能主要聚焦于双向短消息与双向通话。

在数据融合应用上，该阶段卫星互联网的数据应用还不够丰富，主要是将部分专职专用的遥感数据应用于地球科学、环境科学等场景，在行业数据融合应用上，主要以导航数据为主。

2.3 天地一体泛在连接阶段

在天地一体泛在连接阶段，卫星互联网在提供天地一体无缝通信服务基础上，将拓宽卫星互联网应用场景，由小众专用向大众应用延伸，由无缝通信服务向泛在连接发展。

在终端接入上，随着移动终端直连卫星及卫星物联网行业终端数量与种类的不断拓展，将促进卫星互联网应用向“人连”与“物联”双向发展，从而带动个人场景下的消费级服务应用，并加速推动卫星互联网与各行各业融合，形成泛在连接。卫星互联网广泛赋能随时随形随需的个人通信、远海无人作业、沙漠油田智慧管控、农业精准作业等场景，带来更多价值型场景化应用。

在数据融合应用上，天地一体泛在连接将助力行业沉淀更为丰富的场景化数据，可应用于企业数字化管理、决策制定等生产经营环节，推进企业数智化转型。

2.4 天地一体泛在智能阶段

在天地一体泛在智能阶段，伴随卫星“通导遥”一体化的实现及星上数据存储、处理能力的提升，卫星互联网将能够支撑更大数据体量、更高速度、更加智能的融合应用服务，逐步与地面网络一起构建“通导遥”深度融合、“云网算智”一体的泛在智能服务体系。

在数据融合应用上，卫星将逐步具有亚米级高分辨率遥感成像、在轨实时智能处理、星基导航增强、遥感数据实时分发等核心能力，可实现信息的融合与高效利用，提供“通导遥储算”全方位的一体化服务。此外，随着行业应用范畴的不断拓展，卫星大数据将融合多源数据，形成共建、共享、共融的集成化行业数

据平台，赋能生态环境、地理灾害仿真监测、金融信贷等应用场景，深化卫星互联网与行业的协同。

3. 创新场景将成为卫星互联网发展关键驱动力

未来，随着天地一体的深入发展，卫星互联网将逐步向各行业渗透，在此过程中其能力将逐步扩展，衍生大量创新场景。一方面，带动原有应急救援、远洋海事、航空机载等领域的技术进步，提供更加丰富、高价值的卫星应用；另一方面，通过卫星互联网技术的创新和融合应用，将衍生一些全新应用场景，如终端直连卫星、海上无人作业、工业无人作业、时空数字内容、全域智慧监管等。

3.1 天地一体无缝通信

卫星互联网将成为地面网络系统的重要补充，以共建融合形式形成全球无缝通信网络。通过地面通信运营商与卫星通信运营商的紧密合作，卫星互联网将步入天地一体“大融合”发展时期，为用户提供卫星通信与5G/6G网络的无缝、无感切换。

3.1.1 公共安全与行业灾备应急通信

应急卫星通信主要用于抢险救援、公安应急、大型安保、行业灾备等应急事件的现场指挥调度与远程数据备份处理。2022年2月，国务院在《“十四五”国家应急体系规划》（下称“规划”）中明确建设高通量卫星应急管理专用系统，扩容扩建卫星应急管理专用综合服务系统。

灾害应急领域，一方面通过天地一体、无人便携化通信链路部署，通过卫星在灾难现场快速恢复网络通信，并实现救灾画面实时回传与现场探测，第一时间提供带宽保障与快速调度响应。尤其以手机直连卫星为代表的技术，可以在地面通信中断的情况下，快速集中资源为受灾地区提供直连的服务，结合VoNR+的能力，为救援提供更高效的通信和感知服务。另一方面，天地网络的互融互通使应急救援不再囿于地理环境、气候及网络条件，构建以卫星、直升机、无人机等现场通信节点为延伸的海、陆、空一体应急指挥系统，大幅提升在受灾地区、陆地

无人区、海上、空中的应急管理能力。

行业应急领域，特殊行业异地灾备、数据保护与恢复也将成为未来行业化应急通信的重要增长点。基于卫星互联网提供的高速备份链路，可助力电力、医疗等行业规避由于网络故障引发的生命安全与财产风险等，为特殊情况提供更加可靠的备份方案。

随着我国卫星互联网、专网通信等产业发展逐渐成熟，应急通信逐渐走向卫星化、专网宽带化，从而带来卫星终端、专网通信终端及相关系统的需求大增。预计到 2030 年我国应急通信卫星终端设施产业规模将达到 40.4 亿元⁴。

3.1.2 偏远地区、海陆空全域立体覆盖

卫星互联网在偏远地区通信、航空机载通信及远洋海事通信领域独具优势，通过多样化的卫星互联网技术手段，实现高效、持续的天地一体化网络覆盖。受限于传统通信设施部署成本与复杂地理环境影响，截至 2022 年，地球上仍有超过 70% 的地理空间，涉及全球近 1/3 人口未能实现互联网覆盖⁵，未来基于卫星互联网的建设或将成为弥合“数字接入鸿沟”的新可能。

在偏远地区覆盖方面，地面宽带连通最后 1% 人口的建设费用是连通前 95% 人口平均费用的 40 倍⁶。得益于低轨卫星的低时延与广覆盖特性，未来可在偏远地区通过小型化的卫星中继站，以“无基站”形式在收发终端与低轨卫星星座间建立地空通信链路，用户可在没有地面运营商基站覆盖的野外、山区等偏远地区实现顺畅的通信接入。截至 2020 年底，我国 4G 网络覆盖率为 98%，假设 2030 年我国仍有 1% 人口仍未实现 4G 网络覆盖，则到 2030 年基于偏远地区低轨卫星网络覆盖将带来约 6.7 亿元的收入⁷。

在远洋海事方面，以天基通信为主导的船载卫星通信部署，可有效实现“船-船”、“船-地”间的消息收发、话音调度等通信服务。满足海洋渔业船舶、远洋船舶、海上油田平台、海上风电平台、海上钻井平台的基础通信。

⁴ 市场规模=县级以上应急部门数量*终端需求数*卫星终端销售单价

⁵ 资料来源：国际电信联盟

⁶ 资料来源：英国 Avanti

⁷ 偏远地区补充覆盖收入=未覆盖人群数*ARPU 值

预计到 2030 年，我国海洋船舶通信与远洋设备作业通信相关市场规模可达 93 亿元⁸。

案例：中国移动江苏公司某海上勘探平台“移动和星通”卫星宽带

某海上勘探平台位于江苏连云港以东海面，距离陆地约 100 海里，该处勘探平台处于除卫星电话以外，再无其他通讯方式的“海上孤岛”现状。为了满足海上生产作业数据回传交互、海上作业人员日常通信需求，中国移动江苏公司研究并制定了“移动和星通”调试及保障方案，通过“移动和星通”卫星宽带产品能力，接入海上作业平台的高清安防监控、水文传感器等设备，满足现场人员的互联网通讯使用。

案例：中国移动江苏公司“5G+卫星网络”助力海洋发展

江苏位于长江的下游地区，濒临黄海与东海，地处江海交汇之地，在江面辽阔区域和海上区域，基站覆盖距离有限，执法船经常遇到信号弱，与指挥中心通信不畅的情况。

为进一步推动数字海洋的战略落地，推动长江经济带发展，中国移动江苏公司开展“江河湖海专项覆盖活动”，通过 5G 700M 和亚太 6D 高通量卫星对江面和海面进行全面覆盖。江苏移动与江苏省海事局合作，在执法船上安装船载卫星端站和 CPE，实现卫星和 5G 网络的接入和自适应切换。在近岸区域，海事执法船可以接入 5G 专网，实现船和海事指挥中心的双向通讯；而在江面较宽区域和离海岸较远区域，自动切换至卫星宽带专网，有效的解决了海事执法船信号差、通信困难等问题，改善了船上网络质量和感知速率。

在航空机载方面，空中卫星通信可为机舱乘客提供高速、实时通畅的互联网连接服务，改善乘客飞行体验，其将成为民航数字化、智能化发展的重要基础设施。国际卫星组织的相关调查显示，空中上网服务现已成为继机票价格、航班时刻后影响乘客选择的第三大因素。中国民航网数据显示，超过 73%的旅客旅途中第一意愿就是上网，当飞行时间超过 4 小时后，这一意愿接近 100%。可见，空中互联网业务潜在市场规模巨大，预计到 2030 年我国民航空地互联上网对整星

⁸ 海洋船舶收入规模=船舶数量（远洋船、海洋渔船、运输船）*年使用费用；远洋设备作业收入规模=海上作业平台数量（海上钻井平台、海上风电数量）*流量 ARPU

下行带宽需求约为 60Gbps，业务客户量将达 0.95 亿人次/年⁹，航空宽带通信收入规模将达到 25.6 亿元¹⁰。



图 3-1 我国航空通信带宽需求与上网人次预测

3.2 天地一体泛在连接

3.2.1 移动终端直连卫星服务

随着卫星互联网的不断发展，用户将从传统的政府、军队、专业机构和专业人员，逐渐拓展至普通行业及个人，实现基于**各类移动终端直连卫星的商业应用**，并进一步向大众提供**卫星增值服务**。

手机作为目前最为常用的个人通信工具，在手机直连卫星技术加持下将能够更为灵活、便捷的接入天、地网络。在没有地面网络或地面网络受损的情况下，用户可以通过手机直接接入卫星网络，实现真正意义上的**随时随地随需接入**，有效助力个人用户在户外探险、大型体育赛事、恶劣天气、偏远地区等场景下的网络连接。利用卫星互联网为手机提供服务已成为当下地面通信运营商、手机制造商和卫星运营商颇为关注的服务，多家厂商已积极推进行车直连卫星的业务与产品布局。预计到 2030 年我国手机直连卫星用户规模将达到 3000 万，预计将带来约 26 亿元的年收入¹¹。

表 3-1 厂商在手机直连卫星领域布局

⁹ 根据计划改造飞机数量、飞机平均运行比例、平均客座率、航空宽带速率、并发比例、付费客户渗透率等综合预测。

¹⁰ 航空宽带通信收入规模=民航 WiFi 市场收入规模（流量包单价*航班起飞次数*互联网接入占比）+民航飞机终端收入规模（终端单价*民航客机总数*改装占比）

¹¹ 手机直连卫星的主要目标客户数量（如户外探险用户）*渗透率*ARPU

厂商	布局
T-Mobile + Starlink	Starlink联合T-Mobile成立技术联盟,未来将能通过现有蜂窝频段直接连接到手机,并推出基于第二代Starlink卫星和T-Mobile带宽的新移动服务
AT&T、沃达丰等 +AST	AST联合AT&T和沃达丰等完成天基5G语音及宽带数据服务测试
苹果+Globalstar 华为+天通	苹果向Globalstar投资2.5亿美元以支持iPhone14卫星通信网络建设 华为推出Mate 60 Pro手机,支持双向卫星通话,能够畅联应用发送或接收卫星信息
未来,除了手机终端外,电脑、可穿戴智能设备、汽车等消费级移动终端将同样具备直连卫星的能力,赋能应急通信、健康监测、车载娱乐等服务应用。	
案例：车载卫星通信服务	
<p>在没有地面网络或地面网络受损的情况下,全覆盖、低时延的卫星互联网可为汽车提供正常通信保障,让汽车可随时随地接入通信网络。例如,2023年9月1日,装配时空道宇推出的全球首个车载卫星终端的极氪001 FR超级跑车正式发布,用户使用极氪001 FR车机系统可自由拨打卫星电话和收发卫星消息;此外,如汽车发生碰撞、车内二氧化碳浓度超标、电池热失控等情况,车辆也能通过卫星实现自主报警,保障用户安全出行。</p>	

3.2.2 无人作业

远海无人作业方面,随着海洋经济的发展,无人船舶、智能机器人等设备将逐步被应用于海洋作业,通过远程实时遥控或预设控制程序,代替工作人员执行特定任务,如利用水上机器人帮助船舶清理各种藤壶等微生物、利用无人船代替人工完成航道巡检、航道水下地形测绘等任务。卫星互联网可为远海无人作业提供更稳定的网络保障,提高作业效率,如利用视频数据回传与AI视觉分析技术,实时分析船只的运行状况与海域情况,实现对船舶的智慧管理。未来在天地一体化网络加持下,远海的卫星互联网与近海5G等网络将实现无缝切换,助力海洋作业多终端连接、多场景落地。

工业无人作业方面，随着工业数字化转型的发展，行业逐步利用无人机或机器人等自动化设备进行工业领域的任务执行，包括巡检、监测、维修、物流等。工业无人作业通常需要在广大区域内执行任务，而传统的无线通信网络有时无法覆盖到偏远地区、海洋等区域。而卫星互联网的广覆盖与高速数据传输能力可以满足工业无人作业对实时性与高可靠性的要求，如无人机或机器人等设备可以通过卫星信号定位自身位置，并将实时位置信息传输回地面控制中心，实现对设备状态、运行轨迹的追踪和监控，高效支撑作业决策和调整。

3.2.3 企业远程资产管理

资产分布广且地处偏远地区的企业，如戈壁滩上的油田、深山里的水电站、远海运输的设备与货物等，往往具有资产监测及管理的需求，但由于地面网络难以覆盖，企业面临着人力巡查成本高、效率低下等困境。卫星通信网络通过打通星载感知数据以及边缘计算能力，可对行业提供故障预判、低时延报警、远程设备切断、控制及远程技术指导等资产管理服务。如通过卫星物联网可将分散在全球的矿产、油井以及运输途中的高价值原材料与大宗商品接入企业监管网络，及时上报企业资产动向及状态，实现企业远程监控与数字化管理。

其他资产管理的典型场景，还包括车船追踪、飞行器追踪等，通过交通工具上的物联网设备，可让管理者随时了解车、船、飞行器的位置，及时发现异常情况。

3.2.4 农业精准作业

随着农业现代化的推进，农林牧渔业对于作业环境、作物生长状况、农业机械作业情况的数据采集及实时监测具有较大需求。但受限于部分作业地区地理位置偏远、人力数据采集效率低、成本高等困境，目前地面网络系统难以满足农林牧渔业的全方位全天候数据采集需求，卫星物联网或将在未来成为解决该问题的新思路。

示例：农业物联网

农业场景。基于卫星物联网的泛在连接能力，通过在农田配备物联网终端设备、在农机上搭载物联网终端，可实现土地温湿度、土壤成分、病虫害冻等信息的实时采集，支撑作业决策与农机精准作业，提升农业管理效率。随着卫星物联网在农业场景下的不断融合发展，其将不断延伸智能化农场的应用场景，助力农业生产提质增效。

渔业场景。通过在漁船上安装卫星通信终端，结合渔业安全监管平台，能够实现对漁船网格化的动态管理，包括位置监控、历史航迹回溯，漁船信息管理等，助力渔业安全作业，全面提升安全监管效率。

3.2.5 飞行汽车

随着人们对空中交通的需求和期待不断增加，飞行汽车作为一种新型出行方式备受关注。然而，传统的无人机技术很难满足飞行汽车的高速、长航程和安全性要求，需要依靠卫星互联网来实现互联互通。借助卫星互联网覆盖范围广、边界限制少、通信稳定可靠等优势，可为飞行汽车提供高速的数据传输和通信服务，保证飞行汽车之间和飞行汽车与地面控制中心之间的实时互联。如卫星互联网可以利用卫星图像识别和传感器数据分析等技术，为飞行汽车提供精准定位、安全驾驶和路径规划等服务。未来在天地一体化的加持下，卫星互联网的覆盖范围和数据传输速度将进一步提高，为飞行汽车提供更加稳定和可靠的支撑。

3.3 天地一体泛在智能

伴随星上再生处理模式下的低轨卫星星座建立，卫星互联网将提供“星-星”、“星座-星座”之间的通信接口，推动用户端的“通导遥储算”数据沉淀、加速“算、网、数、智”等资源和服务能力的一体化提供，能高效支撑数字生活、智能生产、数智社会出现的各类创新应用。

3.3.1 时空数字内容服务

在服务过程中，卫星互联网运营商将沉淀大量数字内容资源，对于非敏感性遥感数据，可以将其应用在文旅、游戏场景建模、流媒体内容制作、地理学科教育等领域中，发挥数字内容价值。

示例：元宇宙文旅

结合当前元宇宙浪潮，未来卫星互联网可与元宇宙深度结合，以数字孪生技术和时空 AI 技术为依托，全面融合全域时空大数据，运用 AR、VR、MR、裸眼 3D、全息投影等技术，实现对沙漠探险、城市风貌、宇宙遨游、动物迁徙等特色数字内容复原与虚拟化展示，为用户带来别具一格的全景沉浸式文旅体验。

3.3.2 自然灾害仿真模拟

一方面，“通导遥储算”一体化技术可以预测和监测自然灾害，提供通信和救援指导。通过实时动态监测、收集汇纳广域地理信息、灾情数据，形成用于自然灾害的仿真模拟系统，如泄洪模拟、台风过境模拟、山体滑坡模拟等，有效帮助国家气象部门、城市管理部门、农业企业等提前制定应对措施，实现灾害应急管理能力的大幅提升，最大化减少损失。另一方面，通过融合“通导遥储算”一体化技术，卫星互联网还可搭建平台级系统应用，结合卫星遥感数据，对重大灾害提供受灾地区态势感知、快速医疗资源定位、远程资源调度等关键医学支持，高效、可靠地保障人民生命财产安全。

示例：地质灾害模拟预警

通过汇总雨情、水情（水库、河道）、卫星云图、气象雷达、降雨分布、台风信息、渔船车辆、景区客流、地理定位等多领域实时物联数据与风险预警信息，不仅可针对灾害过境进行预测模拟，还可联动卫星通信、应急单兵与车载平台的实时定位、移动轨迹，实现全域可视化应急管理调度，强化协同作用。

3.3.3 全域智慧监管

依托天地一体化智能感知网络，结合AI、区块链、算力、云、大数据等技术，能够在海洋、生态环境及农业等领域实现资源的“全覆盖、数字化、动态化”监测监管，进一步推进社会智慧监管质效提升。

场景一：海洋监管

在智慧海洋监管中，依托高通量卫星通信、互联网、物联网、5G等新一代信息技术与海洋监管深度融合，并结合无人机等手段，可以对海上活动进行实时监测和追踪。如通过对海洋活动、海洋资源、海洋环境、船只、人员等方面的数据进行实时监测、分析和管理，可实现对海洋的全方位、精准化、智能化管理。

海洋监测与预警。基于卫星通信技术能够实现水文参数实时传输、经济鱼类生长情况实时查看、海洋壮阔景象8K超高清全景展示，帮助海洋监测人员实时了解海洋环境、气象、水文、生态的情况与变化，及时处理突发事件。

海上监管与执法。凭借“5G+卫星”融合组网，海上执法人员能够不受地面网络覆盖限制，可全天候、全维度实现江面执法、巡逻以及江面危险预警。

示例：智慧海洋监管

借助卫星技术，使海洋环境监测工作更加高效和全面，实现海洋信息服务和监管智慧化。

无人机巡航：利用360°全景像机、VR等设备，实现航道内无人机全景直播拍摄，以及航道水上三维测绘，可应用于航道巡检、安全预警管控、航道测绘等方面。

指挥呼叫系统：基于“5G+卫星”融合组网，遭遇突发应急事件时，不受无线覆盖范围限制，可实现现场集群指挥、高清视频回传、应急调度等功能。

场景二：生态环境监管

运用“通导遥”一体化卫星获得的陆地、海洋、大气及人类活动数据，既具有规模性、多样性、高速性、价值性等一般大数据特性，同时也兼具高瞬时性、任意空间性等特点，可对生态文明的可持续发展进行有效的监测与评估，助力地球生态环境的监管。

示例：全球系统性环境监测

通过类“地球之眼”的平台化数据系统，可持续高精度监控地球的一氧化碳、

二氧化碳、土壤湿度等关键指标，实时评估地球温度、环境变化、预警灾害情况，形成全球性生态治理应用。

场景三：农业监管

依托卫星技术，结合大数据、人工智能等新型信息技术，能够快速、动态地提供耕地的位置、面积、种植作物等资源信息，为农业监管提供强有力的支持，保障耕地等农业资源及农产品的质量和安全。

农业环境监测与资源管理。卫星遥感技术能够帮助农业部门全面调查和评估土地资源、水资源以及植被覆盖情况等。一方面，能够实现对农业环境的快速、准确评估和监测，及时发现和解决污染问题，保障农产品的质量和安全，另一方面，卫星遥感技术还可以对土地变化进行动态监测，及时发现非法占用、破坏等行为，保障农业资源实现安全与可持续利用。

4. 推进面向天地一体的卫星互联网发展建议

为了更好促进面向天地一体的卫星互联网创新应用场景落地，未来产业各方还需要在标准、技术、产业合作等方面深度协同，共同促进天地一体化产业的高质量发展。

4.1 推动天地一体化技术和标准体系研究，推进行业标准体制统一

天地一体化将实现卫星和地面在技术、标准、产业和应用的全方位融合，从互联到融合再到一体是天地一体化发展的必经之路。以 3GPP 为代表的国际通信标准化组织从 R15 版本开始提出卫星通信的场景，到 R17 版本定义了透明转发模式的 NTN 通信协议，目前已实现 5G NTN 端到端全链路技术贯通，但在频段、通信融合、再生模式及网络上星的网络架构等方面还需持续探索。

标准不统一不利于技术及产业力量汇聚，难以形成规模优势。未来，产业各方需要携手推动行业标准体制统一，推进并完善以 3GPP NTN 为基础的天地统一技术标准，加强关键技术攻关和标准制定工作，促进卫星通信与蜂窝通信在体制上的融合，进一步凝聚更广泛的产业支持，推动天地技术与产业发展。

4.2 加速低轨卫星基础设施建设与关键技术攻关

高轨卫星覆盖范围广，产业发展较成熟，在初期能够满足一些基础的海陆空通信、应急通信、偏远地区通信等场景的应用，但其支持的场景十分受限。未来随着应用场景的不断扩展，对大带宽、低时延、高速率的需求愈发强烈，高轨卫星难以满足这些需求。此外，高轨卫星容量有限，难以支撑大规模的终端接入，无法支撑未来广泛的“人连”与“物联”应用。

低轨卫星相对高轨卫星在系统容量、用户速率、业务时延等方面具有较大的优势，可以更好支撑卫星互联网逐步衍生的各类创新应用场景。如在手机直连卫星场景上，其业务速率、时延等性能指标与轨道高度密切相关，手机直连高轨卫星仅能提供 1-4kbps 速率的短消息与语音通话业务，星地空口时延为 540ms，但手机直连低轨卫星可提供 Mbps 级的宽带业务（中国移动实验室实测下行速率

5Mbps），星地空口时延仅 13–42ms。

低轨卫星作为未来天地一体化的重要发展方向，需“产学研用”共同加快低轨卫星的基础设施与关键技术攻关，进一步提升低轨卫星产品研发和技术验证水平，完善低轨卫星平台和载荷技术能力，加速部署全球可商用的低轨卫星组网。如在终端直连卫星环节，需要积极联合卫星通信运营商、地面通信运营商、终端厂商等各方开展直连技术验证，为终端直连低轨卫星技术商用落地提供优化与指导。

4.3 促进天地产业融合，引领卫星互联网产业加速成熟

卫星互联网场景规模应用的前提是高度的天地一体化网络产业融合，实现天地一张网、面向客户实现泛在连接。传统的卫星产业链是一个相对封闭的产业，技术与产业发展相对缓慢，但未来卫星互联网的发展应当是一种全要素组合式创新，在生产制造、组网运营、业务拓展和合作生态等方面都需要以划时代的变革应对挑战。

我国已建成全球规模最大的 5G 网络，拥有多项 5G 核心技术，领跑 5G 行业应用场景，产业生态蓬勃发展，在地面移动通信方面实现了标准与产业引领。可利用地面移动通信强大的技术队伍与完备的产业生态优势赋能卫星通信互联网产业，助力天地一体信息基础设施顺利部署，实现天地一体的深度融合，也为我国 6G 天地一体全球领先奠定基础。

5.未来展望

随着天地万物互联时代的到来，卫星互联网将迎来规模化发展的机遇期，作为天地一体大互联不可缺少的一环，卫星互联网将在民用领域有着广泛的应用和巨大的价值。

未来，卫星互联网将与地面通信网络进一步融合，形成天地一体、海陆空全域立体覆盖的网络体系，在数字生活、智能生产、数智社会三个领域将催生出更多创新应用场景，为个人、行业、社会提供更加广泛、极致、丰富的服务体验。新需求、新场景、新技术的出现将对卫星互联网产业在标准、技术、算力、安全连接、应用、服务能力等各方面提出更高要求，需要产业各方凝聚发展共识，携手不断寻找新的突破点，共同推动卫星互联网产业的更好、更优发展。

中国移动也将继续携手产学研用各方积极开展天地一体的关键技术研发、国际国内标准推进、产业技术验证等工作，共同由浅入深的分阶段推动天地一体的标准融合、技术融合、网络融合、终端融合、应用融合与产业融合，实现天地网络全方位的融合发展，共筑天地一体共赢的“网络无所不达，算力无所不在，智力无所不及”美好新未来。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
3D	Three Dimensional	三维
3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
4G	The Fourth-Generation Mobile Communications	第四代移动通信
5G	The Fifth-Generation Mobile Communications	第五代移动通信
6G	The Sixth-Generation Mobile Communications	第六代移动通信
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AR	Augmented Reality	增强现实
GEO	Geostationary Transfer Orbit	地球同步转移轨道
HTS	High Throughput Satellite	高通量通信卫星
IoT	Internet of Things	物联网
LEO	Low Earth Orbit	近地（球）轨道
MR	Mixed Reality	混合现实
NTN	Non-terrestrial Network	非地面网络
VR	Virtual Reality	虚拟现实

参考文献

- [1] 中信科移动通信技术股份有限公司, 2023 星地融合通信白皮书, 2023.
- [2] 赛迪顾问, 我国卫星互联网发展的四点建议, 2022.
- [3] 中国移动研究院, 面向 6G 天地一体的路径思考和核心技术攻关, 2023.
- [4] 徐冰玉, 李侠宇, 卫星互联网与 5G/6G 融合发展探析 [J], 国际太空, 2022(12):28-32.
- [5] 罗兰贝格, 通联天地, 创新求索——高通量卫星发展趋势报告, 2020.
- [6] 赛迪顾问, “新基建”下中国卫星互联网产业发展白皮书, 2020.
- [7] 新华社中国经济信息社, 2022 商业卫星产业蓝皮书, 2023.
- [8] 东方证券, 卫星互联网: 6G 空天地一体网络的关键, 2023.
- [9] 张更新, 王运峰, 丁晓进, 等, 卫星互联网若干关键技术研究 [J]. 通信学报, 2021, 42(8):14.
- [10] 浙里督政创空间. 温州市: 构建智慧应急“一张图” 实现全域应急管理一体化 [EB/OL]. 浙江省政府门户网站, 2020.



中移智库公众号



中移智库网站